

**WEST**

Generate Collection

L1: Entry 4 of 5

File: JPAB

Aug 7, 1998

PUB-NO: JP410209571A

DOCUMENT-IDENTIFIER: JP 10209571 A

TITLE: SEMICONDUCTOR LIGHT EMITTING ELEMENT

PUBN-DATE: August 7, 1998

## INVENTOR-INFORMATION:

NAME

COUNTRY

ISHIKAWA, TAKUYA

KASUKAWA, AKIHIKO

## ASSIGNEE-INFORMATION:

NAME

COUNTRY

FURUKAWA ELECTRIC CO LTD:THE

APPL-NO: JP09008191

APPL-DATE: January 21, 1997

INT-CL (IPC): H01S 3/18; H01L 33/00

## ABSTRACT:

PROBLEM TO BE SOLVED: To solve the overflow problem of electrons which are overflowed to a clad layer from an active layer of a semiconductor light emitting element.

SOLUTION: AlGaInNP mixed crystal is used for the semiconductor laser active layer 13 having a 650nm band (visible light) and a 1300nm band (infrared rays). The ratio of N is set at 3% or smaller for the 650nm band and 5 to 10% for the 1300nm band laser. When the ratio of N is changed, the discontinuous energy quantity  $\Delta E_c$  of a conduction band becomes larger, and the overflow of electron to p-clad layers 12 and 14 from the active layer can be suppressed by the enlarged electronic barrier.

COPYRIGHT: (C)1998, JPO

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平10-209571

(43) 公開日 平成10年(1998) 8月7日

(51) Int.Cl.<sup>6</sup>

識別記号

F I

H 0 1 S 3/18

H 0 1 S 3/18

H 0 1 L 33/00

H 0 1 L 33/00

C

審査請求 未請求 請求項の数3 O L (全 5 頁)

(21) 出願番号

特願平9-8191

(22) 出願日

平成9年(1997) 1月21日

(71) 出願人 000005290

古河電気工業株式会社

東京都千代田区丸の内2丁目6番1号

(72) 発明者 石川 卓哉

東京都千代田区丸の内2丁目6番1号 古

河電気工業株式会社内

(72) 発明者 粕川 秋彦

東京都千代田区丸の内2丁目6番1号 古

河電気工業株式会社内

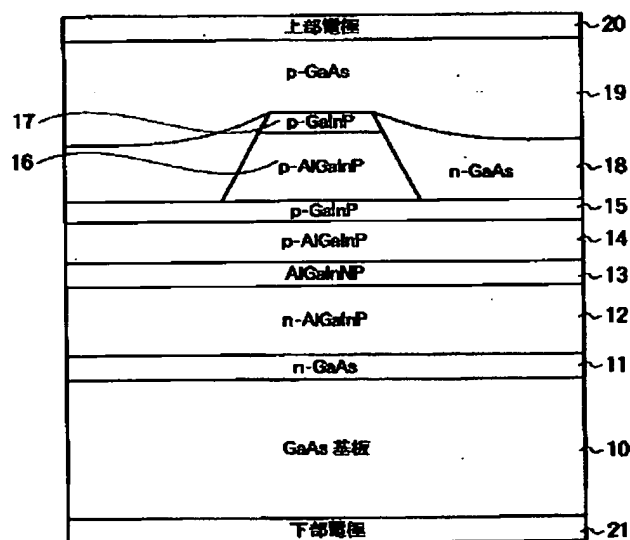
(74) 代理人 弁理士 稲垣 清 (外2名)

(54) 【発明の名称】 半導体発光素子

(57) 【要約】

【課題】 半導体発光素子の活性層からクラッド層に電子がオーバーフローする電子のオーバーフロー問題を解決する。

【解決手段】 650nm帯(可視光)及び1300nm帯(赤外光)の半導体レーザの活性層13にAlGaInNP混晶を使用する。Nの比率は、650nm帯レーザでは3%以下、1300nm帯レーザでは5~10%とする。Nの比率を変化させると、伝導帯のバンドの不連続エネルギー量 $\Delta E_c$ が大きくなり、電子障壁が大きくなることで、活性層13からpクラッド層12、14への電子のオーバーフローが抑制される。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 活性層がAlGaInNP混晶を含むことを特徴とする半導体発光素子。

【請求項2】 発振波長が600～680nmであり、かつNの比率が3%以下であることを特徴とする、請求項1に記載の発光素子。

【請求項3】 発振波長が1280～1340nmであり、かつNの比率が5%以上10%以下であることを特徴とする、請求項1に記載の発光素子。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、半導体発光素子に関し、特に、600nm帯で発振する可視光半導体発光素子、及び、1300nm帯で発振する赤外光半導体発光素子の改良に関する。

## 【0002】

【従来の技術】大容量光ディスク光源や計測用光源として、600nm帯で発振する可視光半導体レーザの開発が進んでいる。この分野では、集光スポットのサイズ低減及び視感度向上のために、より短い波長で発振するレーザの出現が望まれている。600nm帯の可視光レーザは、一般に、GaAs基板上の活性層としてGaInP系の材料を用いて製造されており、活性層のGaInPに伸張歪を導入して用い、或いは、Alを添加してAlGaInP活性層として用い、更には、これら物質を量子井戸構造に形成するなどして、より短波長で発振するレーザ素子が得られている。

【0003】一般的にAlGaInP系の可視光半導体レーザでは、活性層からp型クラッド層への電子のオーバーフロー（以下、単に、電子のオーバーフローとも呼ぶ）が問題となっている。つまり、この系で一般にクラッド層として用いられるAlGaInPでは、Al組成が増すほどバンドギャップが大きくなるが、 $(\text{Al}_{0.7}\text{Ga}_{0.3})_{0.5}\text{In}_{0.5}\text{P}$ が直接遷移と間接遷移の境界であるように、或る限度以上にAl組成を増加させると活性層内に電子を閉じ込めることが出来ず、pクラッド層に電子がオーバーフローすることである。このため、Alの組成を増すことには限界がある。

【0004】発振波長がより短波長化し、活性層のバンドギャップが大きくなればなるほど、前記電子のオーバーフロー問題は無視できなくなる。電子に対する等価的な障壁の高さは、pクラッド層のドーパント濃度にも依存し、ドーパントが多いほど、障壁が等価的に大きくなることが知られている。このため、pクラッド層のドーピング濃度を高くすることが試みられている。

【0005】電子のオーバーフロー問題に関しては、上記試みとは別に、活性層とpクラッド層との間に非常に薄い多層膜を挿入し、この多層膜中での電子の干渉効果を利用して、等価的に障壁高さを大きくしようとする、いわゆる多重量子障壁(MQB)を用いることも提案さ

れている。

【0006】次に、1300nm帯で発振する赤外光半導体レーザに目を向けてみると、この波長帯のレーザは、一般に光加入者系で用いられるため、低コストのモジュール開発が特に要請されている。そのため、コストが高い温調機能を発光モジュールから省く試みがある。しかし、温調機能を省いたときには、高温環境下でのレーザ特性の劣化原因として、600nm帯の可視光レーザと同様な電子のオーバーフロー問題が発生することが知られている。この問題を解決する方法として、最近、例えば「Japanese Journal of Applied Physics」, Vol. 35, pp. 1273-1275 (1996)に記載されているように、GaAs基板上に格子整合したGaInNAsを活性層として用いる、1.3μm帯の赤外光レーザが提案されている。

## 【0007】

【発明が解決しようとする課題】600nm帯の可視レーザでは、AlGaInPは、p型ドーパントを高濃度にドーピングすることが非常に難しく、せいぜい $1 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ 程度にとどまってしまう。このため、pクラッド層のドーピング濃度を高くして、等価的に障壁の高さを高くすることにはやはり限界がある。また、多重量子障壁は、理論的には非常に大きな効果をもたらすことが期待されているものの、設計通りの超薄膜多層構造を得ることが实际的に困難などの理由により、現状では理論通りの効果が得られていない。つまり、従来技術の範囲では、AlGaInP系のレーザ構造に存在する電子のオーバーフロー問題は十分には解決されていなかった。

【0008】また、1300nm帯の赤外レーザでは、本来はGaAs基板に格子整合しないGaInAsにNを添加することにより格子整合を図るものであるから、GaAsへの格子整合条件とバンドギャップとを決めると、その組成が一義的に定まってしまう、活性層の設計に関して自由度が低いという問題があった。

【0009】本発明は、上記に鑑み、600nm帯及び1300nm帯の各半導体発光素子において、活性層からp型クラッド層に電子がオーバーフローする問題を解決することを目的とする。

## 【0010】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するために、本発明の半導体発光素子は、活性層がAlGaInNP混晶を含むことを特徴とする。

【0011】ここで、発振波長が600nm帯(600～680nm)の半導体発光素子に本発明を適用する場合には、AlGaInNP混晶におけるNの比率を3%以下とすることが好ましい。また、発振波長が1300nm帯(1280～1340nm)の発光素子に本発明を適用する場合には、Nの比率を5%～10%以下とすることが好ましい。

【0012】以下、図面を参照し、本発明の原理を更に詳細に説明する。まず、 $(\text{Al}_z\text{Ga}_{1-z})_x\text{In}_{1-x}\text{N}_y\text{P}$

10

20

30

40

50

1-vと表わされる混晶系において、GaAsに格子整合し、かつバンドギャップ波長が650nm (GaInPのバンドギャップ波長)となる条件を満たす(x、z、v)の組を計算により求めた。図1は、上記条件を満たす、N組成vとAl+Gaの組成x (破線) 及びAlの組成z (実線)との関係を示したグラフである。同図に示すように、Al組成zを増やすと、バンドギャップを一定とする条件からはN組成vを増やす必要があり、N組成vを増やすと格子整合条件からAl+Gaの組成xを減らす必要がある。このときのAl組成zに対するAlGa

InNP混晶のバンド位置をプロットしたものが図2である。同図の実線は伝導帯のバンド位置を、破線は価電子帯のバンド位置を夫々示す。

【0013】図2を参照すると、AlGaInPにNを微量添加することによって、格子整合条件及びバンドギャップ一定の条件を満足しつつ、バンドの相対位置をほぼ線形に変化させ得ることが判る。つまり、図に例示した( $\text{Al}_{0.7}\text{Ga}_{0.3}$ )InPの伝導帯及び価電子帯のバンド位置(1.65eV及び-0.25eV)を考慮すると、従来のGaInP活性層では、伝導帯の不連続エネルギー量 $\Delta E_c$ が約250meV、価電子帯の不連続エネルギー量 $\Delta E_v$ が約150meVと夫々一定であるのとは異なり、本発明に従ってAlGaInNP活性層を用いることにより、発振波長が600nm帯の半導体レーザにおいて、伝導帯の不連続エネルギー量 $\Delta E_c$ を250meVから550meVまで任意に変化させることが可能である。つまり、電子に対するpクラッド障壁の高さは飛躍的に大きくなり、電子のオーバーフロー問題を抑制することができる。

【0014】ここで、あまり多くのNを添加すると、バンドギャップが小さくなり過ぎ、特に可視光半導体レーザの活性層には適さなくなる。従って、650nm帯の発光素子では、AlGaInPに添加するNの量は、図2からも理解できるように、3%以下が望ましい。

【0015】一方1300nm帯のレーザでは、活性層としてAlGaInPにNを添加したAlGaInNPを用いることにより、活性層の設計における自由度を高めることが出来る。 $(\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x})_z\text{In}_{1-x}\text{N}_v\text{P}_{1-v}$ と表わされる混晶系において、GaAsに格子整合し、かつバンドギャップ波長が1310nmとなる条件を満たす(x、z、v)の組を計算により求めた。図3は、上記条件を満たす、N組成vとAl+Gaの組成x (破線) 及びAl組成z (実線)との関係を示したグラフである。

【0016】Al組成zを増やすと、バンドギャップ一定の条件からはN組成vを増やす必要があり、N組成vを増やすと格子整合条件からAl+Gaの組成xを減らす必要がある。このときのAl組成zに対するAlGaInNP混晶のバンド位置をプロットしたものが図4である。同図の実線は伝導帯のバンド位置を、破線は価電子帯のバンド位置を夫々示す。同図を参照すると、AlGa

InPにNを微量添加することによって、1300nm帯の半導体レーザにおいて、格子整合条件及びバンドギャップ一定の条件を満足しつつ、バンドの相対位置をほぼ線形に変化させ得ることが判る。

【0017】従来技術では、本来はGaAs基板に格子整合しないGaInAsにNを添加することにより格子整合させるものであり、GaAsへの格子整合条件とバンドギャップを決めると組成が一義的に定まってしまう。この従来技術では、伝導帯の不連続エネルギー量 $\Delta E_c$ が大きくなるようなバンド配置が偶然に得られたにすぎない。一方、本発明では、上述したように格子整合条件及びバンドギャップ一定の条件を満足し、更にそれに加えて、バンド配置を任意に調整し得るため、設計の自由度が大幅に向上する。1310nm帯の発振波長を得るには、AlGaInPに添加するNの量は、図4からも理解できるように、6%以上9%以下が望ましい。

【0018】

【発明の実施の形態】図5は、本発明の一実施形態例である、GaAs基板上に作製したAlGaInNP系の半導体レーザの断面図である。この半導体レーザは以下のようにして得られる。まず、n型GaAs (n-GaAs、以下同様) 基板10上に、MOCVD法により、n-GaAsバッファ層11、n-( $\text{Al}_{0.7}\text{Ga}_{0.3}$ ) $_{0.5}\text{In}_{0.5}\text{P}$ 下部クラッド層12、AlGaInNP活性層13、p-( $\text{Al}_{0.7}\text{Ga}_{0.3}$ ) $_{0.5}\text{In}_{0.5}\text{P}$ 第1上部クラッド層14、p-GaInPエッチストップ層15、p-( $\text{Al}_{0.7}\text{Ga}_{0.3}$ ) $_{0.5}\text{In}_{0.5}\text{P}$ 第2上部クラッド層16、p-GaInP中間層17を順次に成長形成する。

【0019】上記で形成した積層上に、図示しない絶縁膜 (例えばSiN) を堆積し、フォトリソグラフィ及び化学エッチング法を採用して、第2上部クラッド層16及びp-GaInP中間層17をメサ構造に形成する。SiN絶縁膜を残したまま、2回目のMOCVD成長によりn-GaAs電流阻止層18を成膜し、メサ構造の両側部を埋め込む。SiN絶縁膜を除去し、3回目のMOCVD成長により、p-GaAsコンタクト層19を全面に成長し、更に、上部電極20及び下部電極21を夫々形成することで、図5に示す発光素子が得られる。

【0020】上記実施形態例の半導体発光素子の作製方法及び素子の構造自体は従来とほぼ同じであるが、活性層としてAlGaInNPを用いたことが従来とは異なっている。比較のため、上記実施形態例の構造と同様な構造を有し、活性層のNの割合が0% (つまり、従来技術のGaInP活性層)のもの (比較例1)、0.7%のもの (実施例1)、及び、1.6%のもの (比較例2)を夫々試作した。素子のしきい値電流は、Nの添加量が0%のもので約45mA、0.7%のもので約45mA、1.6%のもので約60mAであった。

【0021】Nの添加量が1.6%のもの (比較例2)は、図2から理解できるように、価電子帯での不連続エ

10

20

30

40

50

エネルギー量 $\Delta E_v$ がほとんど0であり、正孔に対する閉じ込めが弱くなってしまったことから、しきい値の上昇が生じたものと考えられる。なお、発振波長はいずれも652nmであった。次に、しきい値電流の温度依存性を測定し、特性温度 $T_0$ を求めた。

【0022】特性温度 $T_0$ は、Nの添加量が0%のもの(比較例1)で約60K、0.7%のもの(実施例1)で約120K、1.6%のもの(比較例2)で約150Kであった。このことから、本発明に従ってNを添加したAlGaInNP活性層を用いることにより、600nm帯の半導体レーザにおいて、活性層からpクラッド層への電子のオーバーフローが抑制され、レーザの温度特性が著しく改善されることが判明した。

【0023】図6は、本発明の第2の実施形態例の半導体レーザである、GaAs基板上に作製したAlGaInNP系の半導体レーザの断面図である。同図の半導体レーザは、図5の半導体レーザと同様に作製されるが、Al<sub>0.5</sub>In<sub>0.5</sub>Pをクラッド層32、34、36に用いた点、及び、Nを約6%添加したAlGaInNPを活性層33に用いた点において、先の実施形態例とは異なる。

【0024】本実施形態例の半導体レーザ(実施例2)を実際に作製して、その発振波長を測定したところ、1310nmであった。次に、しきい値電流の温度依存性を測定し、特性温度 $T_0$ を求めた。測定された特性温度 $T_0$ は、約180Kであった。比較のため、発振波長1310nmのレーザで一般的に用いられている、InP基板上のGaInAsP系半導体レー(比較例3)の特性温度を測定したところ、その特性温度 $T_0$ は80Kであった。このことから、本発明に従ってNを添加したAlGaInNP活性層を用いることにより、1300nm帯の半導体レーザにおいて、活性層からpクラッド層への電子のオーバーフローが抑制され、レーザの温度特性が著しく改善される旨が確認された。

【0025】なお、上記の各実施形態例では、活性層をバルク構造としたもので説明したが、いわゆる量子井戸構造を採用し、AlGaInNPを量子井戸層として用いても本発明の効果は同様に得られる。

【0026】以上、本発明をその好適な実施形態例に基づいて説明したが、本発明の半導体発光素子は、上記実施形態例の構成にのみ限定されるものではなく、上記実施形態例の構成から種々の修正及び変更を施した半導体発光素子も、本発明の範囲に含まれる。

【0027】

【発明の効果】以上説明したように、本発明の半導体発光素子によると、活性層がAlGaInNP混晶を含む構

成を採用したことにより、Nの組成を制御することで伝導帯の不連続エネルギー量 $\Delta E_c$ を大きくでき、活性層からpクラッド層への電子のオーバーフローを抑制することができ、温度特性の良好な発光素子が得られる効果がある。

【図面の簡単な説明】

【図1】GaAsに格子整合し、バンドギャップがGaInPのバンドギャップに等しいという条件を満たすときのAlGaInPに添加するNの割合と、Al+Ga組成x及びAl組成zとの関係を示すグラフ。

【図2】図1と同じ条件下でのAlGaInPに添加するNの割合と、その混晶のバンド位置との関係を示すグラフ。

【図3】GaAsに格子整合し、バンドギャップが1310nmに等しいという条件を満たすときのAlGaInPに添加するNの割合と、Al+Ga組成x及びAl組成zとの関係を示すグラフ。

【図4】図3と同じ条件下でのAlGaInPに添加するNの割合と、その混晶のバンド位置との関係を示すグラフ。

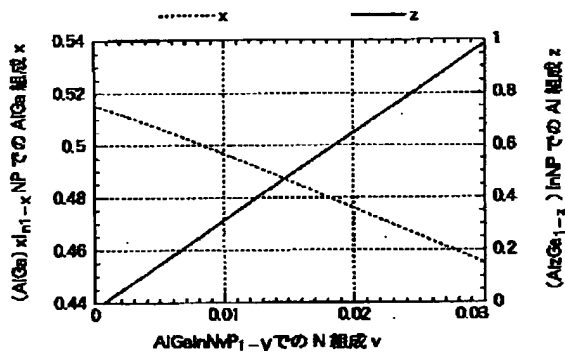
【図5】本発明の第1の実施形態例の、GaAs基板上に作製したAlGaInNP系600nm帯レーザの断面図。

【図6】本発明の第2の実施形態例の、GaAs基板上に作製したAlGaInNP系1300nm帯レーザの断面図。

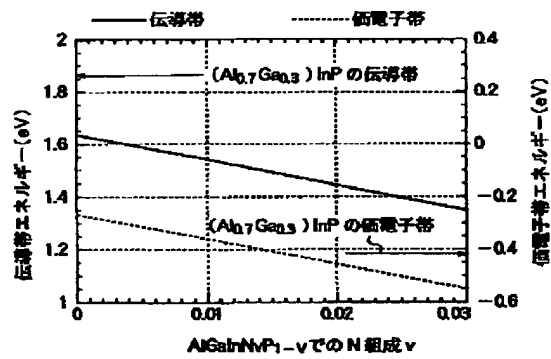
【符号の説明】

- 10、30 n-GaAs基板
- 11、31 n-GaAsバッファ層
- 12 n-(Al<sub>0.7</sub>Ga<sub>0.3</sub>)<sub>0.5</sub>In<sub>0.5</sub>P下部クラッド層
- 13、33 AlGaInNP活性層
- 14 p-(Al<sub>0.7</sub>Ga<sub>0.3</sub>)<sub>0.5</sub>In<sub>0.5</sub>P第1上部クラッド層
- 15、35 p-GaInPエッチストップ層
- 16 p-(Al<sub>0.7</sub>Ga<sub>0.3</sub>)<sub>0.5</sub>In<sub>0.5</sub>P第2上部クラッド層
- 17、37 p-GaInP中間層17
- 18、38 n-GaAs電流阻止層18
- 19、39 p-GaAsコンタクト層
- 20、40 上部電極
- 21、41 下部電極21
- 32 n-Al<sub>0.5</sub>In<sub>0.5</sub>P下部クラッド層
- 34 n-Al<sub>0.5</sub>In<sub>0.5</sub>P上部第1上部クラッド層
- 36 n-Al<sub>0.5</sub>In<sub>0.5</sub>P上部第2上部クラッド層

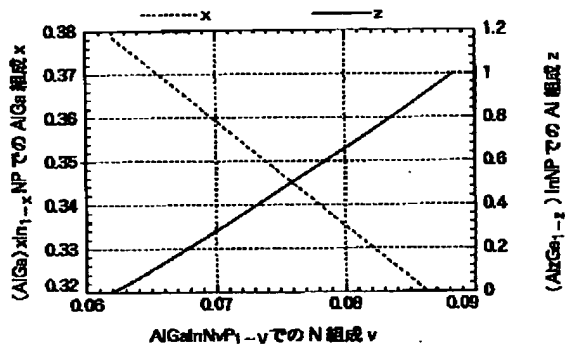
【図1】



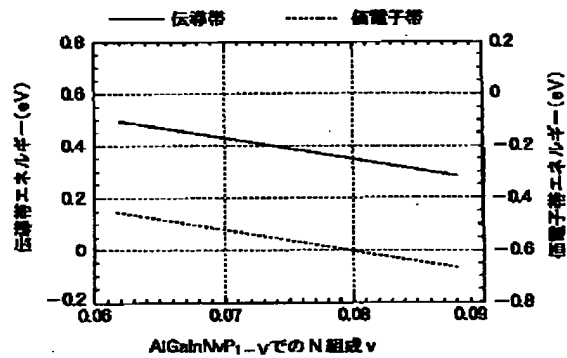
【図2】



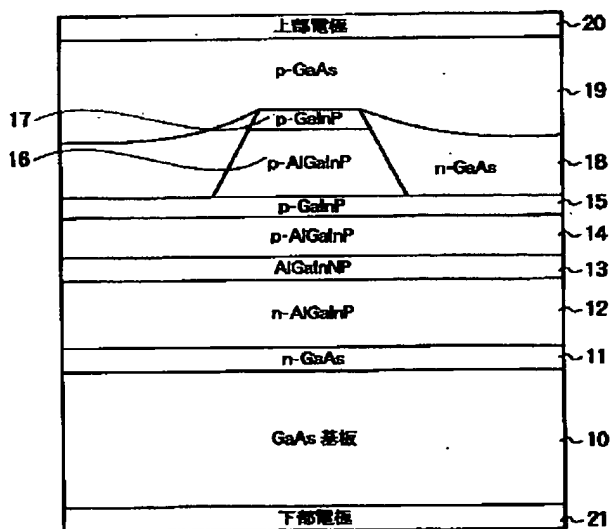
【図3】



【図4】



【図5】



【図6】

